Pérdidas postcosecha, desperdicios,

problemas ambientales y valor agregado del procesamiento agroindustrial de productos agrícolas tropicales en América Latina. Una revision

Post-harvest waste, environmental problems and added value
in the agro-industrial processing of tropical agricultural
products in Latin American. A review

Rafael Cartay

Universidad Técnica de Manabí (UTM), Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Portoviejo, Manabí, Ecuador
Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Centro de Investigaciones Agroalimentarias (CIAAL)
Mérida, Venezuela
rafaelcartay@hotmail.com; rafaelcartay@gmail.com; rafaelcartay@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5870-5658>

Resumen

En este artículo se examina los altos niveles de pérdidas postcosecha y de los desperdicios de alimentos producidos en el campo latinoamericano a lo largo de la cadena productiva y, en especial, a los residuos resultantes de los procesamientos agroindustriales, con el propósito de obtener un producto principal. La no eliminación o reducción de la elevada cantidad de esos desperdicios o desechos ocasiona gravísimos problemas ambientales, cuyo tratamiento supone grandes costos económicos y sociales. Acá se evalúan esas pérdidas, aclarando que una forma eficiente de reducir el volumen de desperdicios, y sus costos de eliminación, es reprocesarlos para transformarlos en subproductos, que generen un valor económico suplementario y contribuyan a dinamizar las economías locales, creando nuevas oportunidades de emprendimiento, que aumenten el número de empleos directos e indirectos, y mejoren el nivel de los ingresos de los pobladores de las comunidades locales.

PALABRAS CLAVE: pérdidas y desperdicios agrícolas; residuos agroindustriales; subproductos agrícolas; contaminación ambiental; valor agregado de subproductos.

Abstract

In this article we analyze the high level of post-harvest waste produced in Latin America along the production chain, most of them as a result to obtain the main product. Failure to eliminate or reduce wastes causes serious environmental, economic and social problems. We evaluate these losses, but transform waste in by-products could generate an important economic value impacting local economies, creating new entrepreneurship opportunities, employment and improving the economic level of local communities.

KEY WORDS: agricultural waste and losses; agro-industrial waste; agricultural by-products; environmental pollution; agricultural added value.

1. Introducción

Un tercio de la producción mundial de alimentos destinados inicialmente al consumo humano se pierde o desperdician anualmente en el curso de la cadena alimentaria. Esa cantidad equivale a unas 1.300.000.000 de toneladas cada año. Una suma gigantesca que se desvía del consumo de la población mundial en la que hay grandes déficits que afectan a la seguridad alimentaria, en especial de las poblaciones más vulnerables. En 2019 hubo, según UNICEF, UNHCR y ACNUR, más de 820 millones de personas que resultaron afectadas por el hambre prolongada y sistemática. Entre ellos, más de 200 millones de niños menores de cinco años que están siendo afectados por un estado de desnutrición crónica (UNICEF, 2019; FAO, 2019).

América Latina y el Caribe no escapan a esta situación. En esta región se perdió en 2014 el 15% de la cantidad mundial de alimentos desaprovechados desde la postcosecha hasta el nivel minorista (FAO, 2014). Pocos años más tarde, esa cantidad alcanzaba al 20% de la cantidad global (FAO, 2019). Algo inadmisibles en un área responsable del 9% de la población mundial, que, además, padece graves problemas de hambre y de desnutrición crónica infantil.

Esas pérdidas y desperdicios en América Latina y el Caribe se reflejan en tres tipos de huellas ambientales: a) la huella del carbono (cantidad total de emisión de gases de efecto invernadero, expresado en CO₂), que alcanza a un 16% de la huella de carbono mundial; b) la huella de la tierra (superficie necesaria para producir los alimentos), de la que la región es responsable del 9% a escala mundial, y c) la huella del agua (cantidad de agua dulce necesaria para producir y suministrar los alimentos al consumidor final), a la que la región contribuye con el 5% (FAO, 2013).

Esas pérdidas y desperdicios de alimentos se traducen en una masiva reducción en la disponibilidad de alimentos comestibles a lo largo de las

cadena alimentarias, que van desde la producción y la cosecha hasta llegar al consumidor. Se trata de una notable disminución que afecta a la seguridad alimentaria de la gente, distraendo alimentos para calmar el hambre mundial, y que representan un gigantesco desaprovechamiento de recursos y de factores de producción como tierra, agua, mano de obra, capital, tecnología, y de incalculables e innecesarias emisiones de CO₂. Se pierde, además, una gigantesca suma de valores agregados potenciales que actúa reduciendo la disponibilidad de alimentos, encareciendo sus precios en los mercados internacionales y limitando el acceso a los alimentos de los consumidores pobres.

Esos enormes volúmenes de pérdidas y desperdicios, que ocurren a lo largo de las cadenas alimentarias, se eliminan en los sitios de producción, transformación o consumo, produciendo gravísimos problemas de contaminación del suelo, agua y aire. Son causa de problemas ambientales que ponen en riesgo la salud humana, el ambiente y el paisaje. Contaminación y riesgo que se elevan en la medida en que crece la población y la producción y la transformación agroindustrial de los alimentos, al ritmo de un aumento sostenido del crecimiento y el desarrollo económico a escala mundial (Lorente *et al.*, 2011).

Disminuir las pérdidas alimentarias a un nivel razonable, para evitar graves problemas a la salud de las personas y al ambiente, requiere de grandes esfuerzos conjuntos de todos los actores sociales en las diferentes etapas de la cadena productiva alimentaria a escala planetaria. En el ámbito institucional, en América Latina se están llevando a cabo diversas iniciativas, en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, para crear conciencia para el buen uso de los alimentos y evitar su descarte sin utilidad social. Entre esas acciones se pueden mencionar: a) el establecimiento, en Chile, de Comités Nacionales para la prevención y reducción de los descartes

de alimentos; b) creación de programas de concientización en el buen uso de los alimentos y su preservación, tal como sucede en Argentina; c) establecimiento en Brasil de redes nacionales de bancos de alimentos, para la recepción y distribución gratuita de ayuda alimentaria a las familias pobres; d) creación de plataformas institucionales a nivel regional, como la promovida por el BID, la FAO, la red Global de Bancos de Alimentos, el Foro de Bienes de Consumo, para promover la intervención pública en la reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos (FAO, 2019); e) promulgación de leyes, sin sobrepasar la condición de proyectos legislativos aún sin aprobación, en varios cuerpos legislativos de la región como Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México, Uruguay.

Son proyectos en los que se contempla la obligatoriedad de que los grandes supermercados (en unos casos con más de 400 o 1.000 m² de área de exhibición), donen a organizaciones de ayuda humanitaria alimentos que aún están en buen estado de consumo humano. Se trata de alimentos con defectos de embalaje, envases dañados o defectuosos, alimentos con proximidad a la fecha de vencimiento, etc., que aún se encuentran aptos para el consumo humano (FAO, 2014; FAO, 2017; Ballesteros-Gómez, 2017).

En este artículo se hace énfasis en los residuos que resultan de los procesos de transformación agroindustrial de los principales rubros alimenticios vegetales que se producen en el campo de América Latina. El propósito perseguido fue el de plantear alternativas para reducir el volumen de los residuos, disminuir los niveles de contaminación ambiental que provocan, y convertir los residuos en subproductos, que agreguen valor a los productos transformados y sean la base de emprendimientos locales y regionales, que permitan aumentar el número de empleos y elevar los niveles de ingresos, contribuyendo al bienestar general de las comunidades locales.

2. Metodología

Este trabajo comprende tres partes, empleando en todos los casos la investigación documental para la recopilación de información, y el método deductivo para el tratamiento y análisis de la información recogida.

En la primera parte se examinó la estructura productiva agrícola latinoamericana, en las áreas tropicales, para determinar los principales productos agrícolas, tomando en cuenta la superficie cultivada, el volumen y el valor de la producción y su importancia en la alimentación del país de que se trate. Tras el examen exhaustivo de una amplia información documental sobre la estructura productiva nacionales, se seleccionaron ocho importantes rubros productivos (plátano, yuca, arroz, maní, achote, cítricos, piña y sandía) con el propósito de evaluar sus posibilidades agroindustriales, de acuerdo con las experiencias de procesamiento industrial realizadas en América Latina.

En la segunda parte, se hace referencia a los niveles de pérdidas y desperdicios, y a los graves impactos ambientales que pueden ocasionar la ‘eliminación’ de esos residuos en la naturaleza, lo que acarrea altos niveles de contaminación del suelo, agua y aire, con efectos negativos sobre el uso de los recursos naturales y la salud humana y animal, dentro de una perspectiva de desarrollo sostenible.

En la tercera parte, se plantea, de acuerdo con la experiencia de procesamiento agroindustrial a escala artesanal cumplida en América Latina, la estrategia de convertir esos residuos en subproductos industriales. Lo que se cumpliría con tecnologías poco intensivas en el uso de capital e intensivas en el uso de mano de obra campesina, tras aplicarle breves programas de capacitación técnica. Los subproductos obtenidos agregarían valor al producto y a la cadena productiva, y reducirían notablemente el nivel de las pérdidas y desperdicios altamente contaminantes.

Para los propósitos de este artículo, los conceptos de pérdida y desperdicio de alimento son, en términos generales, básicamente, iguales. Ambos conceptos se refieren a la reducción de la disponibilidad de un alimento que estaba destinado inicialmente a servir para el consumo humano, con el fin de satisfacer las necesidades fisiológicas de los individuos.

Existen, en la práctica, algunas diferencias entre pérdida y desperdicio de alimento. La FAO y los especialistas usan el término de pérdida para referirse a la disminución de la disponibilidad alimentaria que ocurre en las etapas iniciales de la cadena de valor del producto, comprendiendo la producción, la cosecha, el transporte y el almacenamiento de los alimentos. El término de desperdicio, que también reduce la disponibilidad de alimentos para el consumo humano, se reserva para referirse a las etapas finales de la cadena, en particular a las etapas de procesamiento agroindustrial, distribución al detal y al por mayor, a la venta, y a la preparación y consumo de alimentos en los establecimientos de restauración, en el hogar, los restaurantes y las cocinas institucionales.

En esos contextos, la pérdida es derivada de la acción de plagas y enfermedades, sequías e inundaciones, y de otros elementos atribuibles al funcionamiento deficiente de la infraestructura, o del mal manejo o de la mala gestión empresarial. El resultado es el deterioro, el daño o la pudrición de los productos en el campo o en los sitios de almacenamiento o en las actividades de transporte ineficiente de los alimentos, haciéndose más vulnerable el producto al ataque de microorganismos. El desperdicio del alimento (parte de la planta o del fruto comestible), por su parte, se atribuye a decisiones intencionales que generalmente, por razones económicas o por desconocimiento, descarta partes del producto, porque su transformación no es rentable, o porque se considera inconveniente su distribución

comercial, o por motivos estéticos relacionados con la apariencia del producto ('descarte estético'), (Carretero-García, 2016) o porque no se ajusta a las estrategias comerciales de una empresa. Por ejemplo, cuando la oferta de un alimento excede en demasía a la demanda, en el caso de una gran sobreproducción, el producto es descartado, equivale a decir 'tirado o desechado', para evitar caídas abruptas y prolongadas en el precio nacional o internacional del producto. O cuando en una industria solo se rentabiliza el producto principal, desechando partes potencialmente utilizables para fines no alimentarios. Y aunque se reconoce que pérdidas y desperdicios de alimentos son diferentes, en este artículo se emplearán como términos equivalentes.

3. Desarrollo

Las pérdidas de alimentos ocurren a lo largo de la cadena productiva de un alimento. Una pérdida equivale a un descarte de su finalidad inicial de satisfacer necesidades del consumo humano. De tal manera que cualquier sustancia, cruda o cocinada, descartada o potencialmente descartable, es considerada una pérdida o un desperdicio alimentario, incluyendo los residuos generados por el procesamiento, manejo, almacenamiento, venta, preparación, cocción o conservación, y servicio de comidas (Griffin *et al.*, 2009; Segré y Falasconi, 2011; Calvo-Porrall *et al.*, 2015). Y los factores que producen esos descartes o desviaciones son de diverso signo e importancia. Ocurren por la influencia de condiciones climáticas extremas por los ataques de plagas y la presencia de enfermedades que afectan a las plantas y a los animales. Se producen por deficiencias en la cosecha, en el transporte y en el almacenamiento de los alimentos. Porque se envasaron defectuosamente o en mal estado, porque no hubo precisión en la fijación de la fecha de venta y de consumo preferente de los

alimentos. O por desconocimiento de los tiempos de maduración. O porque hay frutos climatéricos, que siguen madurando tras ser cosechados, y siguen ‘respirando’ y aumentando su producción de gas etileno, y otros que no son climatéricos e interrumpen su maduración y comienzan su senescencia y pudrición.

Hay pérdidas por compras en exceso, que obligan al almacenamiento, muchas veces en condiciones inadecuadas o por largos períodos. O se descartan alimentos por razones de calidad selectiva, o de estándares ‘estéticos’, porque presentan formas, tamaños y aspectos indeseables para los distribuidores y los consumidores. Hay productos mal manipulados en los que se producen magulladuras o daños que aceleran su deterioro o descomposición por la presencia de microorganismos patógenos.

Las pérdidas y desperdicios de alimentos son muy importantes y tienen efectos diversos: a) impactan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, reduciendo las disponibilidades locales, nacionales, y mundiales de comida, agravando el estado de la seguridad alimentaria; b) agravan las condiciones de nutrición, salud y rendimiento de las poblaciones; c) generan efectos económicos que inciden sobre el nivel de ingresos para los productores y los comercializadores de alimentos, aumentando los precios de los alimentos para los consumidores, obstaculizando su acceso para los más pobres; d) producen problemas de contaminación ambiental que afectan los recursos naturales, las poblaciones y el paisaje, con sus repercusiones sobre el bienestar social y algunas actividades económicas como el turismo (FAO, 2019).

Tres problemas importantes inciden para asegurar un adecuado tratamiento de los residuos de los productos agrícolas: la inexistencia o precariedad de una conciencia ambiental que promueva su buen manejo; la carencia de la adecuada capacidad tecnológica para su transformación, y la

precariedad de los recursos económicos para su aprovechamiento económico, y el desconocimiento que se tiene sobre las posibilidades de utilización de los subproductos obtenidos (TICSO, 2014). Si se realizaran algunas acciones apropiadas podría reducirse de manera significativa la gravedad de esos problemas. Algunas acciones en este sentido son muy importantes: capacitar a los operadores del proceso, reducir la distancia entre el lugar de producción y el de consumo, mejorar el transporte, almacenar los productos en mejores condiciones, agilizar el sistema de distribución, prolongar la vida útil de los alimentos, etc. (Parfitt *et al.*, 2010; Terreno, 2013).

Se estima que en los países desarrollados o industrializados un 40 % de las pérdidas de alimentos ocurren en las etapas de distribución y de consumo. En los países en desarrollo, en cambio, un 40 % de las pérdidas de alimentos se producen en las etapas de postcosecha por el mal manejo y la falta de capacitación en el procesamiento o transformación (Gustavson *et al.*, 2011). Al estudiar las pérdidas en países concretos se ha encontrado que algunos factores son muy importantes, como las malas políticas agrícolas gubernamentales, la deficiencia en los sistemas de manipulación y de transporte de los alimentos, o las inadecuadas condiciones de almacenamiento. Por ejemplo, en Irán, uno de los mayores horticultores a escala mundial, la mayor parte de las pérdidas, que pueden alcanzar hasta un 50% en algunos rubros, se debe a la inadecuada intervención gubernamental en el sector agrícola, a la falta de capacitación de los productores y transportistas y a las instalaciones deficientes (Zhaleh-Rezaei, 2004; Jowkar *et al.*, 2005).

3.1. Aspectos fitosanitarios de las pérdidas de alimentos

Buena parte de las pérdidas de alimentos que ocurren en el campo, antes de la cosecha, se deben al

ataque de plagas y enfermedades, que son tratadas con el uso, a veces exagerado, de plaguicidas y fungicidas aumentando los costos de control y los riesgos de toxicidad en la cadena. Otras pérdidas, de gran importancia, se producen postcosecha, y en particular en el manejo y transporte de los alimentos desde las áreas de cultivo hasta los centros de almacenamiento, procesamiento y distribución de los alimentos.

El daño ocasionado a los frutos por una inadecuada manipulación y transporte crea las condiciones para que actúen microorganismos patógenos que causan severas pérdidas económicas, lo que hace prácticamente irreversible la recuperación o el uso alternativo del producto.

3.2. Las pérdidas y los desperdicios en el procesamiento industrial

Las pérdidas y los desperdicios de alimentos en la cadena alimentaria en América Latina y el Caribe se producen principalmente en el consumo (28%), la producción (28%), el manejo y el almacenamiento de los productos (22%), el mercado y la distribución (17%) y, finalmente, en el procesamiento (6%), (FAO, 2012; 2014; 2017). Esos datos reflejan lo que ocurre en algunos países en particular. En Colombia, por ejemplo, las pérdidas de alimentos, comprendiendo los procesos de postcosecha hasta el almacenamiento, alcanza a un 40,4%, ocasionando aumentos de precios en algunos rubros y limitando el acceso de los sectores pobres (Ballesteros-Gómez, 2017; Martínez-Anaya y Quintero-Pechene, 2017).

Al examinar las pérdidas y desperdicios en la etapa de la transformación industrial de los productos agrícolas, la de menor nivel comparativo en la cadena alimentaria, se encuentra que siguen siendo muy importantes, y que pueden disminuir si se aplicaran estrategias para convertir el 'desperdicio' en un subproducto con valor comercial, que eleve el nivel de ingreso de los productores,

Cree empleo y ofrezca oportunidades rentables a los emprendedores locales (Terreno, 2013). El examen de las potenciales agroindustriales de productos agrícolas en América del Sur abre las posibilidades de desarrollo industrial en nuestros países, con el uso de tecnologías intensivas en el empleo de mano de obra y semi intensivas en el uso de capital.

En esta parte se examinó las pérdidas y desperdicios para algunos productos agrícolas producidos en Manabí, y que son sometidos a algún procesamiento agroindustrial, así sea a nivel artesanal. Es el caso del plátano, la yuca, el maní, el achiote, algunas frutas cítricas (naranja, mandarina y limón), la piña y la sandía.

Del plátano, un producto climatérico, que puede ser planificado su proceso de maduración con relación a su comercialización, se aprovecha solo el 12% del peso total de la planta, principalmente el fruto, con propósitos de consumo humano y uso medicinal popular. El 88% restante, que incluye las cáscaras del fruto, el pseudo tallo, las hojas, el pizonte o raquis, es desaprovechado y considerado 'residuo', y como tal acumulado hasta su descomposición en el campo, en el transporte o en el lugar de almacenamiento, donde es, por lo general, quemado o enterrado. Pero hay la alternativa del procesamiento de sus partes. De esos residuos se pueden obtener subproductos con un valor agregado que los rentabilice y recicle, reduciendo el impacto que sus grandes volúmenes representan para el ambiente.

De los frutos de plátano con imperfecciones, de tamaño o aspecto, considerados popularmente como 'rechazo' en los mercados, puede obtenerse subproductos utilizados en la elaboración de harina o fécula, almidón, o empleado como materia prima para la elaboración de bebidas alcohólicas y vinagre. La pulpa puede ser usada para preparar jaleas, mermeladas, pastas de plátano maduro. O para preparar alimentos para cerdos. De la cáscara

se puede producir alimentos para cerdos, fibras resistentes para artesanía, celulosa para producir papel y celulosa para distintos usos, vestimenta (de tejidos resistentes, como se hace en algunos países asiáticos), filtros de agua residuales, etc. Con las hojas se envuelven alimentos tradicionales, preparados o crudos, para resguardarlos y transportarlos. De sus hojas, pseudo tallo y pizonte o raquis se puede producir alimentos para cerdos y rumiantes, combustible (como etanol, biogás, metano). De los pizontes o raquis elaborar materiales de construcción para fabricar hormigón empleado en la nivelación de vías carreteras o en la estabilización de taludes (Flores *et al.*, 2004; Akerman y Van Dick, 2008; Mena *et al.*, 2008; Canto y Castillo, 2011; Cortez-Vega, 2014; Muso-Santo *et al.*, 2016; Aguiar *et al.*, 2017; Carrión-Prado y Díaz-Gómez, 2020).

La raíz fresca de la yuca, el principal producto económico de la planta, puede ser dulce o mansa, y amarga o brava, diferenciándose principalmente por la cantidad de linamarina, un glucósido cianogénico que contiene, y que, por efectos de la enzima linamarasa, origina ácido cianhídrico, un potente tóxico. Ese veneno se elimina mediante la cocción de la pulpa, en el caso de la yuca dulce, que se utiliza en varias preparaciones culinarias tradicionales en la región. No sucede así con la yuca amarga, cuyo contenido tóxico es mucho mayor y puede ser letal. Ese veneno se extrae mediante métodos de torsión, y luego de cocción de la masa resultante. De esta manera la yuca participa en la elaboración del casabe o tortillas.

Del procesamiento de la raíz de la yuca se obtiene la harina, el principal componente derivado, que se utiliza tanto en la alimentación humana como en la animal, en especial de cerdos. Su harina se emplea, además, en la producción de panes, galletas y chifles; como aglutinante en la industria cárnica de embutidos y en la producción de sopas deshidratadas; como espesante en

la elaboración de compotas para bebés; como ingrediente de algunos productos dietéticos para celíacos, por carecer de gluten; en la elaboración de talcos medicados; como insumo en la industria de pegamentos. No obstante, el rendimiento de la raíz de yuca en su conversión en harina, es relativamente bajo, variando entre 38,44 a 40,23% (Giraldo *et al.*, 2005; Aguilar-Brenes *et al.*, 2017).

El componente principal de la planta de yuca es la raíz, un producto no climatérico, altamente perecedero en varios días, de cuyo tratamiento agroindustrial o artesanal se obtiene la harina, que tiene muchos usos domésticos e industriales. Todo lo demás es considerado biomasa, que incluye la cáscara, las hojas y el tallo de la planta. Una planta madura de yuca está compuesta por un 50% de su peso en raíces, 40% de tallos y pecíolos y 10% de hojas (Giraldo-Toro, 2006). Los residuos son descartados para el consumo humano y eliminados empleando diferentes métodos, todos ineficientes desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental.

No obstante, de la cáscara, por ejemplo, se obtienen varios subproductos que constituyen un interesante valor agregado a la cadena de valor de la yuca. La cáscara de la yuca, el principal residuo, constituye el 20% del peso total de la raíz fresca, y se usa en raciones moderadas en los alimentos balanceados para cerdos de engorde, rumiantes, y en raciones para gallinas ponedoras (Buitriago, 1990; Valdiviét *et al.*, 2008; Lezcano *et al.*, 2014; Camaño-Fuentes y Caro-Beleño, 2010). La cáscara seca de yuca tiene una elevada capacidad de absorción de agua, con un promedio de 120% de su peso, lo que la hace muy útil en la utilización del agua de mar en la agricultura y, en especial, para la remoción de metales pesados, como plomo (Pb II) y cobre (Cu II) en aguas residuales, empleando el proceso de adsorción (Kosasih *et al.*, 2010; Camaño-Fuentes y Caro-Beleño, 2010; Sánchez-Soria, 2013; Edoun y Kuitche, 2014; Tejada *et al.*, 2016).

De las hojas de la planta se obtiene una harina, que puede ser utilizada para el consumo humano, por su alto valor nutricional, representado por un 22,7% de proteína, 6,3% de grasa y 11% de fibra (Giraldo-Toro, 2006).

El cultivo del maní arroja muchos residuos potencialmente contaminantes, como la cáscara del fruto, las hojas y los tallos de la planta.

En casi todas las regiones productoras del rubro, se aprovecha solo el grano, quedando lo demás, la mayor parte de la planta, sin uso alguno, forma grandes volúmenes de materiales, expuestos al aire libre, con alto riesgo de contaminación y con gran peligro de autoignición o de quemaduras intencionales. El principal residuo es la cáscara o caja del maní, que representa entre el 25 y el 30% del peso total del fruto. La estructura celular de la cáscara está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, de la cual la celulosa equivale a un 69%. Pero son resistente a la degradación. La lignina, que forma la parte leñosa, tarda más de 100 años para biodegradarse. Para acelerar ese proceso, la lignina es fermentada sobre sustrato sólido con el hongo *Pleurotus ostreatus*, lo que genera un nuevo residuo que puede ser usado en la alimentación de rumiantes, en la producción de enzimas y de biofertilizantes. Se han hecho desde hace más de medio siglo investigaciones buscando aplicaciones idóneas para el elevado volumen de residuos generado por la producción y procesamiento del maní. Se ilustra el punto señalando que la provincia argentina de Córdoba, que produce y exporta el 90% del maní argentino, genera cada año 150.000 toneladas de cáscaras de maní. Se han hecho esfuerzos para convertir esos residuos en subproductos industriales.

Y una parte importante se emplea en raciones de alimentación de rumiantes, como combustible sólido en calderas industriales para generar vapor, abonos agrícolas, sustrato para la producción de setas comestibles, carbón activado, material para

rellenos sanitarios etc. Dos de esas aplicaciones de las cáscaras tratadas de maní son bien conocidas en Argentina: como agregado en mezclas de cemento para construcciones livianas y de uso no portante (Gatani *et al.*, 2010) y como materia prima en la producción de paneles aglomerados, cuya aplicación se remonta hacia 1940, aunque se consideran aún no tan apropiados como los paneles comerciales de madera MDF (Monterola *et al.*, 1999; Jouany y Morgan, 2007; Ravera *et al.*, 2008; Granero *et al.*, 2013).

El achiote (*Bixa orellana*) es un rubro cuyo procesamiento industrial deja un alto volumen de residuos. El producto principal es la semilla, empleada principalmente como colorante en las industrias alimentaria, farmacológica, cosmética y textil. Un árbol produce un promedio anual de 11,4 kilos de fruto seco, lo que equivale a un poco más de pasta de achiote por árbol. De la semilla se puede obtener bixina y norbixina, ambos pigmentos básicamente colorantes, que representan importantes valores agregados. La bixina, el principal componente de la semilla, es un glucósido carotenoide que, en promedio, equivale a un 3% del peso seco de las semillas (Bonilla, 2009; Andi, 2016; Ayala *et al.*, 2016; Huamán-Hurtado, 2018; Quiñones y Yunda, 2018; Sánchez-Sánchez, 2019).

De la planta de los cítricos solo se aprovecha corrientemente el fruto, y de este solamente la pulpa. La corteza, las hojas, el hollejo y las semillas son considerados residuos. Las otras partes de la planta pueden ser convertidas en subproductos para agregarles valor y reducir sus efectos contaminantes para el ambiente. De la corteza se puede obtener hesperidina y pectina, flavonoides con propiedades antiinflamatorias. La pectina se utiliza en la industria como espesante y estabilizante. De las partes de la planta (corteza, flores, semillas, hojas y raíces) se pueden extraer aceites esenciales, aunque con bajos rendimientos. Para producir 1 kg de zumo concentrado se requieren 17 kg de fruta

fresca. Para 1 kg de cáscara deshidratada, 19 kg de fruta fresca, y 200 kg de fruta para producir 1 kg de aceite esencial (Storti y Bevilacqua, 2011; Argentina, 2011). De una hectárea de cultivo de limón se obtiene 6,04 l de aceite esencial, y 4,70 l de una hectárea cultivada con naranja (Cardón, 2005; Passaro-Carvalho y Londoño-Londoño, 2012). El follaje de la planta es su principal residuo: de una hectárea cultivada con cítricos se produce cerca de 3,92 Tm de materia seca, lo que implica graves problemas ambientales y elevados costos para su tratamiento.

El principal producto de la piña es el fruto. Su pulpa se emplea para producir zumo, yogur, jalea, mermelada, fruta deshidratada y conservas de rodajas y trozos. La conserva es un importante subproducto industrial de la piña, pero el rendimiento es bajo: de la elaboración de piña enlatada queda un promedio de desechos equivalente al 40% del peso total de la fruta. Allí se cuenta la corona, la cáscara, las puntas, el corazón y los ojos. Y de la parte aprovechable de la fruta en sí misma, solo se usa del 36 al 42% del peso total de la fruta. Eso significa que se desaprovecha una gran parte, que por su composición química produce una gran contaminación ambiental. Sin embargo, pudiera aprovecharse para producir material celulósico y fibra dietética (Mayorga-Gross, 2013; Boumphrey, 2013; Ortega y Rodríguez, 2019). Según la Unidad Técnica de Estudios para la Industria (UTEPI, 2006), de 100 kg de fruta fresca solo se aprovecha un 35% de su peso total. Y los residuos de la planta son voluminosos y de difícil y costoso tratamiento. Hernández-Chaverri y Prado-Barragán (2018) señalan que, en Costa Rica, 43.000 ha sembradas de piña producen una biomasa de rastrojos equivalente a 640.000 toneladas anuales de residuos de base seca.

De la sandía solo se aprovecha la pulpa de la fruta fresca para elaborar zumo y sus derivados como néctar, jalea y mermelada. Lo demás es

considerado residuo: follaje, corteza, semilla. Esas partes pueden ser aprovechadas agregándoles valor y reduciendo la contaminación ambiental que provocan. De la cáscara se puede obtener harina y cáscara confitada. De las semillas se puede producir aceite y ser empleadas como semillas secas y saladas (*snacks*). Igual sucede con el melón. Lo que supone un gran descarte aprovechable, pues la corteza del melón representa del 30 al 45% del peso del fruto (Aguayo *et al.*, 2001), a pesar de que de la corteza se puede obtener harina y fruta confitada. De las semillas del melón se puede producir aceite.

4. Conclusiones

De este artículo resaltan cuatro conclusiones principales. La primera es que los productos agrícolas vegetales sufren, en general, grandes pérdidas y desperdicios a lo largo de su cadena productiva. Entre ellos figuran los principales rubros vegetales producidos en las áreas tropicales y subtropicales de cualquier país latinoamericano. De ellos, se examinó usando la bibliografía existente, ocho productos: plátano, yuca, maní, achiote, cítricos, piña, sandía y melón. Las mayores pérdidas y desperdicios se producen en las etapas de cultivo, cosecha y manejo postcosecha, que representan más del 60%, siendo la etapa de procesamiento la que registra menores residuos, aunque con un 6% de descarte no dejan de ser importantes.

La segunda conclusión es que el alto volumen de residuos ocasiona grandes problemas de contaminación ambiental, que atenta contra la salud humana y animal, con efectos negativos sobre el agua, el suelo y el aire, y acarrea elevados costos económicos y sociales para revertirlos.

La tercera conclusión es que la alternativa más idónea para reducir el volumen de residuos y los costos de su tratamiento es la transformación de los residuos en subproductos, que agreguen

valor agregado a los productos, creen oportunidades de emprendimiento local y dinamicen las economías locales.

La cuarta apunta a que esa alternativa puede llevarse a cabo en cualquiera de nuestros países, aplicando, en muchos casos, y de acuerdo con la

experiencia registrada en América Latina y el Caribe, procesos de transformación agroindustrial que impliquen el empleo de tecnologías intermedias, de sencilla ejecución, de un uso relativamente bajo del capital y altamente intensivas en el uso de la mano de obra.

5. Referencias citadas

- AGUAYO, E.; ESCALONA, H. H. y F. ARTÉS FERNÁNDEZ. 2001. "Industrialización del melón procesado fresco". *Revista Horticultura*, 155: 48-60.
- AGUIAR, S. N.; VARGAS, J. C.; CHICAIZA, E. R.; DÍAZ, L. A.; UVIDE, H. A.; ESCOBAR, J. A. y W. O. CAICEDO. 2017. "Composición química de subproductos de la agroindustria de confites: una alternativa para alimentación de cerdos". En: R. ALEMÁN-PÉREZ; H. REYES-MORÁN y C. BRAVO-MEDINA (Eds.), *Libro de memorias. Simposio Internacional sobre Manejo Sustentable de Tierras y Seguridad Alimentaria*. 122-124. Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Pastaza, Ecuador.
- AGUILAR-BRENES, E.; SEGREDA-RODRÍGUEZ, A.; SABERIO-ARGUELLO, D.; MORALES-GONELS, J.; CHACÍN-LIZANO, M.; RODRÍGUEZ-ROJAS, L. ... e Y. GÓMEZ-BO-NILLA. 2017. *Manual de cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*. INTA. Sector Agroalimentario/ Unión Europea/ IICA/ INFA. San José, Costa Rica.
- AKERMAN, R. & D. PIETER VAN DANK. 2008. "Development and application of a decision support tool for reduction of a product losses in the food-processing industry". *Journal of Cleaner Production*, 16: 335-342.
- ARGENTINA. 2011. *Complejo citrícola*. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Serie Producción Regional. Buenos Aires, Argentina.
- ANDI, S. 2016. *Proyecto de factibilidad para la implementación de una empresa productora y comercializadora de la pasta de achiote en el cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Trabajo Especial de Grado.
- AYALA-JARA, C. I.; CASTILLO-SAAVEDRA, E. F.; AFARO-AVALOS, K. I.; ASPEROS-FREYRE, Z. y L. E. SECLÉN AYALA. 2016. "Obtención de un colorante natural de las semillas de *Bixa orellana* L. (Bixaceae) como alternativa para uso cosmético". *Arnaldoa*, 23(1): 149-158.
- BALLESTEROS-GÓMEZ, C. 2017. *Estrategias para la reducción de pérdidas de productos perecederos en el proceso de distribución. Caso de estudio plátano en la región de Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Industrial.
- BONILLA, I. 2009. *Manual del cultivo del achiote. Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola*. Disponible en: <http://comida.una.ni/electronics/RENFOI B715mcdp>.
- BOOMPHREY, S. 2013. *Economic and consumer insight. Food and drink companies embrace sustainability*. Disponible en: <https://blog.euromonitor.com/2013/08/food-and-drink-companies-embrace-sustainability>.
- BUITRAGO, J. A. 1990. *La yuca en la alimentación animal*. CIAT. Colombia.
- CALVO-PORRAL, C.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, V. A. y M. M. RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ. 2015. "Food for thought: the food waste global issue". En: C. N. BOUZA HERRERA;

- J. F. GARCÍA RODRÍGUEZ; M. del M. RUEDA GARCÍA y A. SANTIAGO MORENO (eds.), *Experiencias en la modelización de la toma de decisiones en la salud humana, medio ambiente y desarrollo humano*. pp. 1-23. (Tomo 1). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1685.1682>
- CAMAÑO-FUENTES, J. y J. L. CARO-BELEÑO. 2010. "Subproductos de tubérculos, raíces y plátanos". *El portal del subproducto*. Disponible en: <http://tirsomestre.blogspot.com/2010/05/supproductos-de-tuberculos-raices-y.html>.
- CANTO-CANCHÉ, B. B. y G. M. CASTILLO-ÁVILA. 2011. "Un mil usos: el plátano". *La Ciencia y el Hombre. Revista de divulgación Científica y Tecnológica*, 24(1).
- CARDÓN, M. 2005. *Línea de elaboración de zumo natural de cítricos en Lora del Río, Sevilla, España*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid. España. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Alimentaria.
- CARRETERO-GARCÍA, A. 2016. "¿Desechados por 'feos'? Nueva plataforma europea contra las pérdidas y el desperdicio de alimentos". *Revista CESCO de Derecho del Consumo*, 20: 110-133.
- CARRIÓN-PRADO, M. R. y M. P. DÍAZ-GÓMEZ. 2020. "Evaluación de la incorporación de aceite esencial en la formulación de políticas a base de almidón de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto". *Acta Científica Venezolana*, 55: 86-90.
- CORTEZ-VEGA, A. E. 2014. *Elaboración de papel a base de residuos de banano*. Universidad Católica de Guayaquil, Ecuador. Trabajo Especial de Grado.
- EDOUN, M. & A. KUITCHE. 2014. "Soption isotherms and isosteric energy of *Manihot esculenta* leave". *International Food Research Journal*, 21(1): 343-348.
- FAO. 2012. *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo. Alcance, causas y prevención*. Roma, Italia.
- FAO. 2013. *Huella del desperdicio alimentario. Impactos en los recursos naturales*. Roma, Italia.
- FAO. 2014. *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Roma, Italia.
- FAO. 2017. *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe: alianzas e institucionalidad para construir mejores plantas*. Boletín 4. Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7248s.pdf>.
- FAO. 2019. *El estado mundial de la alimentación y la agricultura*. Roma, Italia.
- FLORES, E. E.; GARCÍA, F. J.; FLORES, H. E.; NUÑEZ, M. C.; GONZÁLEZ, R. A. y L. BELLO. 2004. "Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio de planta piloto". *Acta Científica Venezolana*, (55): 86-90.
- GATANI, M.; ARGUELLO, R. & S. SESÍN. 2010. "Effects of chemical treatment on the mechanical properties of peanuts shells and cement blends". *Materiales de Construcción*, 60(298): 137-147.
- GIRALDO-TORO, A. 2006. *Estado de la obtención de harina de yuca (Manihot esculenta Crantz) para consumo humano*. Ingeniería Industrial. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Trabajo Especial de Grado.
- GIRALDO, A.; VELASCO, R. y J. ARISTÁZABAL. 2005. "Obtención de harina a partir de las hojas de yuca para consumo humano". *Biotecnología en el Sector Agropecuario Agroindustrial*, 4(1): 33-42.
- GRANERO, M. V.; GATANI, M. P.; MEDINA, J. C.; RUIZ, A.; FIORELLI, J.; KREIKER, J. R. y M. J. LEIDA. 2013. "Determinación de las influencias del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados". *Quebracho*, 21(1,2): 67-80.

- GRIFFIN, M.; SOBAL, J. & T. LYSON. 2009. "An analysis of a community food waste stream". *Agricultural and Human Values*, 26: 67-81.
- GUSTAVSON, J.; CEDERBERG, C.; CONESSON, U.; VAN OTTERDEJK, R. & A. MEYBECK. 2011. *Global food. Losses and food waste*. Swedish Institute for Food Waste. Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- HERNÁNDEZ-CHAVERRI, R. A. y L. A. PRADO-BARRAGÁN. 2018. "Impactos y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de la piña (*Ananas comosus*) en Costa Rica". *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2): 465-468.
- HUAMÁN-HURTADO, V. 2018. *El achiote (Bixa orellana). Producción, obtención del colorante, aplicado en los alimentos*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Perú. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería de Alimentos.
- JOUANY, J. P. & D. P. MORGAN. 2007. "Use of 'natural' products alternative to antibiotic feed additive in ruminant production". *Animal*, 1(10): 1.443-1.466.
- JOWKAR, M. M.; FARSHADFAR, Z.; MOHAMMADPOUR, H. & A. JOWK. 2005. A look at postharvest in Iran. *International Society for Horticulture. Act Hort. Org. V International 682*, ISH. 2.177-2.182.
- KOSASIH, A.; FEBCIANTO, J.; SUNARSO, J.; JU, Y. H.; INDRASWATI, N. & S. ISMADJI. 2010. "Sequestering of Cu (II) from aqueous solution using cassave peel (*Manihot esculenta*)". *Journal of Hazardous Materials*, 180: 366-374.
- LEZCANO, P.; BERTO, D.; BICAO, S.; CURCELLI, F.; FIGUEREDO, P. y M. VALDIVIESO. 2014. "Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3): 41-47.
- LORENTE, J. B.; VALERO, M.; ANCOS, B.; MARTÍ, N.; GARCÍA, B.; LÓPEZ, N.; RAMOS, S.; LANDEJO, B.; BENER, J.; ALBERDE, B. y A. ARTURO. 2011. "Aspectos industriales". En: *El libro del Zumo*. (Cap. 5). Asociación de Fabricantes de Zumos. MARM, Azti Tecnalia, CNTA, Ecosur, Food for Life Spain, JBTFoodTech y Tetra Pak. España.
- MARTÍNEZ-ANAYA, H. M. y J. C. QUINTERO-PECHENE. 2017. Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. *IV Cuarto Congreso Internacional Am ITIC*. pp. 194-201. Popayán, Colombia. (6-8 de setiembre).
- MAYORGA-GROSS, A. L. 2013. *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de piña y su aplicación en un producto alimenticio*. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería de Alimentos.
- MENA, E.; BARAHONA, F.; CANTO, B.; RODRÍGUEZ, A.; SOLÍS, S.; RIVERA, G.; CANICHE, G.; TZEC, M.; DOMÍNGUEZ, J. y L. ALZATE. 2008. Optimización de pretratamiento para la sacarización de residuos de plátano para la posterior de etanol. *Congreso Latinoamericano de Biotecnología*. Xalapa, Veracruz, México (5-10 de octubre).
- MONTEROLA, H.; CERDA, D. y J. MIRA. 1999. *Residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes*. Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.
- MUSO-SANTO, M. D.; SALAZAR-CASTRO, H. A. y J. C. NARVÁEZ-MORÁN. 2016. *Utilización de pinzotes de plátano para la producción de papel*. Escuela Politécnica del Litoral, Ecuador.
- ORTEGA, G. S. y A. E. RODRÍGUEZ. 2019. "Síntesis de acetato en celulosa y rayón a partir de residuos agroindustriales del cultivo y procesamiento de la piña". *Revista Teinnova*, 3: 22-28.

- PARFITT, J.; BARTHEL, M. & S. MACNAUGHTON. 2010. "Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050". *Rhilos.Trasn. R,Soc. Lond B. Biol. Sci*, 365(1.254): 3.055-3.065.
- PASSARO-CARVALHO, C. P. y J. LONDOÑO-LONDOÑO. 2012. "Industrialización de cítricos y valor agregado". En: L. F. GIRALDO GARCÍA y C. P. PASSARO-CARVALHO (Eds.), *Cítricos: cultivo, postcosecha e industrialización*. pp. 307-342. Editorial Artes y Letras. Itaguí, Brasil. Disponible en: semanticsScholar.org/296c/2doc2407a0ic939c-f4360b36.
- QUIÑONES, X. y E. YUNDA. 2018. "El achiote (*Bixa orellana*) como posible alternativa productiva para el departamento del Meta". *Rev. Sist. Prod. Agroecol*, 5(1): 142-174.
- RAVERA, C.; BETTERA, C.; FERNÁNDEZ, M. A.; ESTIVE, E. y H. PINEDA. 2008. Aprovechamiento de los residuos agrícolas. Procesamiento de la caja del maní, su conversión biológica y productos. *I Simposio Interamericano de Ingeniería de Residuos*. Río Cuarto, Argentina.
- SÁNCHEZ-SORIA, S. S. 2013. *Uso de la cáscara de la yuca*. Universidad de Guayaquil. Ecuador. Tesis de Grado.
- SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, S. S. 2019. *Extracción de la bixina de tres variedades de achiote (Bixa orellana L.), utilizando tres solventes*. Universidad Nacional de San Martín. Perú. Tesis de Grado, Ingeniero Agroindustrial.
- SEGRÉ, A. e L. FALASCONI. 2011. *Il libro nero spreco in Italia: il cibo*. Edizione Ambiente. Roma, Italia
- STORTI, N. L. y M. BEVILACQUA. 2011. *Complejo citrícola: Limón. Serie producción regional por complejos productivos*. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Dirección de Información y Análisis Sectorial. Buenos Aires, Argentina.
- TEJADA C. N.; MONTIEL, Z. y D. ACEVEDO. 2016. "Aprovechamiento de cáscaras de yuca y ñame para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb(II)". *Información Tecnológica*, 27(1): 9-20.
- TERRENO, F. 2013. "El secreto para ganarle a las pérdidas". *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39(3): 229-233.
- TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN y LAS COMUNICACIONES DE LA ORINOQUIA (TICSO). 2014. *Aprovechamiento de residuos de biomasa de producción de piña (Ananas comosus) para el Municipio de Aguazul, Casanare, Colombia*. Casanare, Colombia.
- UNICEF. 2019. *Informe Anual 2018. Para cada niño, todos los derechos*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. Nueva York, USA.
- UNIDAD TÉCNICA DE ESTUDIOS PARA LA INDUSTRIA (UTEPI). 2006. *Piña. Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad en la cadena de valor y perspectivas de mercado*. Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador.
- VALDIVIÉ, M.; RODRÍGUEZ, B. y H. BERNAL. 2008. "Alimentación de cerdos, aves y conejos con plátano (*Musa paradisiaca* L.)". *Revista ACPA*, 1(2): 48-50.
- ZHEALEK-REZAEI, H. 2004. "Potato storage conditions". *Sonboleh*, 135: 28-29.